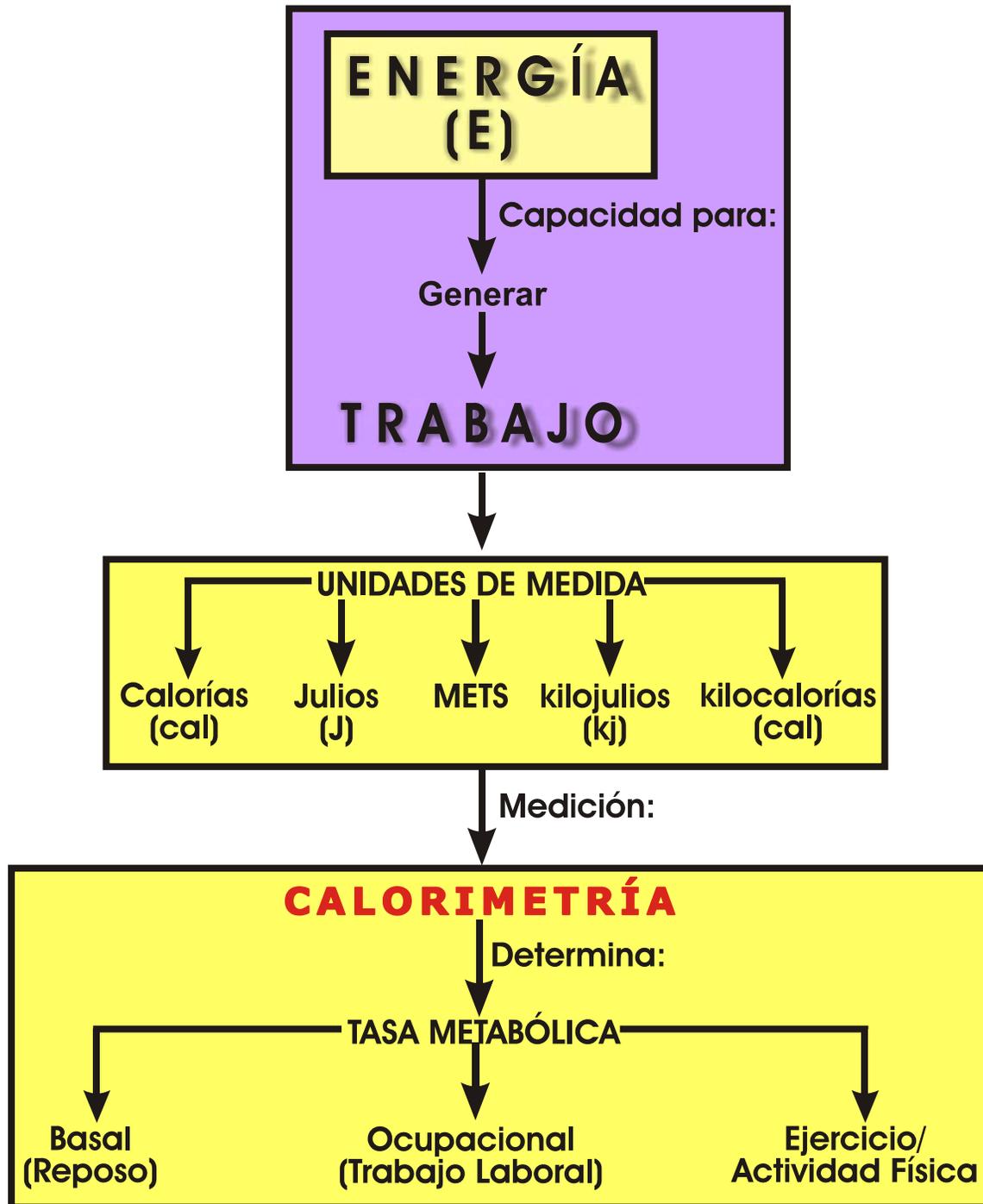

MEDICIÓN DE ENERGÍA, TRABAJO, POTENCIA Y ESTIMACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO

***Prof. Edgar Lopategui Corsino
M.A., Fisiología del Ejercicio***



CALORÍA

Cantidad de:

CALOR

Requerido para:

1 gramo (g) de Agua

a:

1° C

(De 14.5 °C $\xrightarrow{\text{a:}}$ 15.5 °C)

a nivel del:

Mar

(1 ATA, o 760 mm Hg)

CALORÍA

Calor Requerido:

H_2O

1 g

↑ 1° C

α:

A nivel del Mar:



**FUERZA
(F)**

**MASA
(m)**

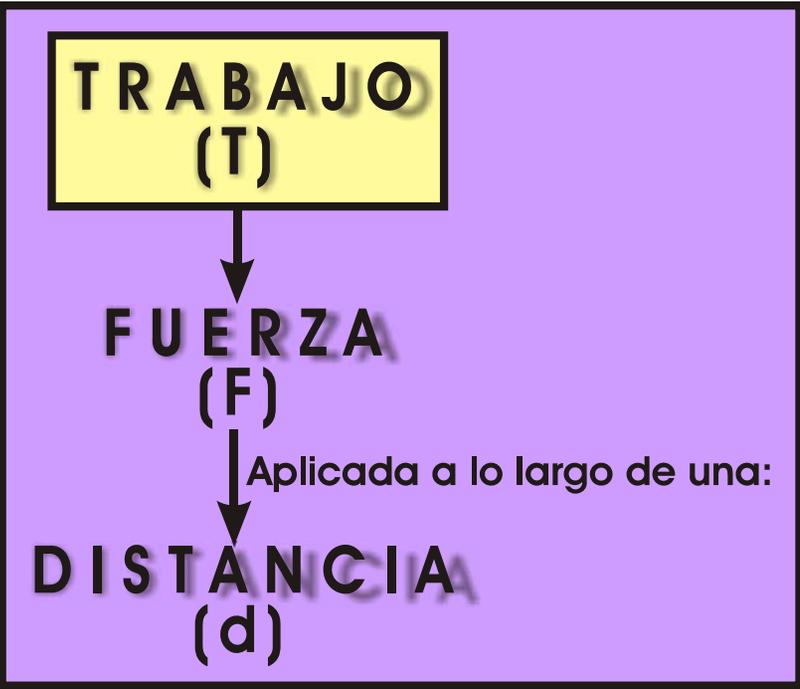
**Acelerando
(a)**

que produce movimiento al:

Empujar/Halar/Tirar

Ecuación:

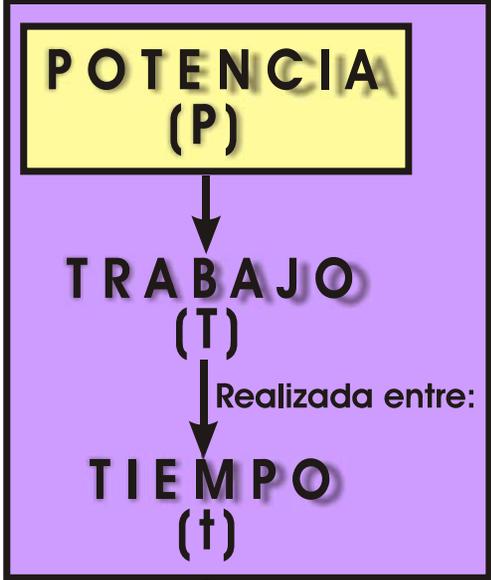
FÓRMULA:
 $F = m \times a$



Ecuación:

FÓRMULA:
 $T = F \times d$





Ecuación:

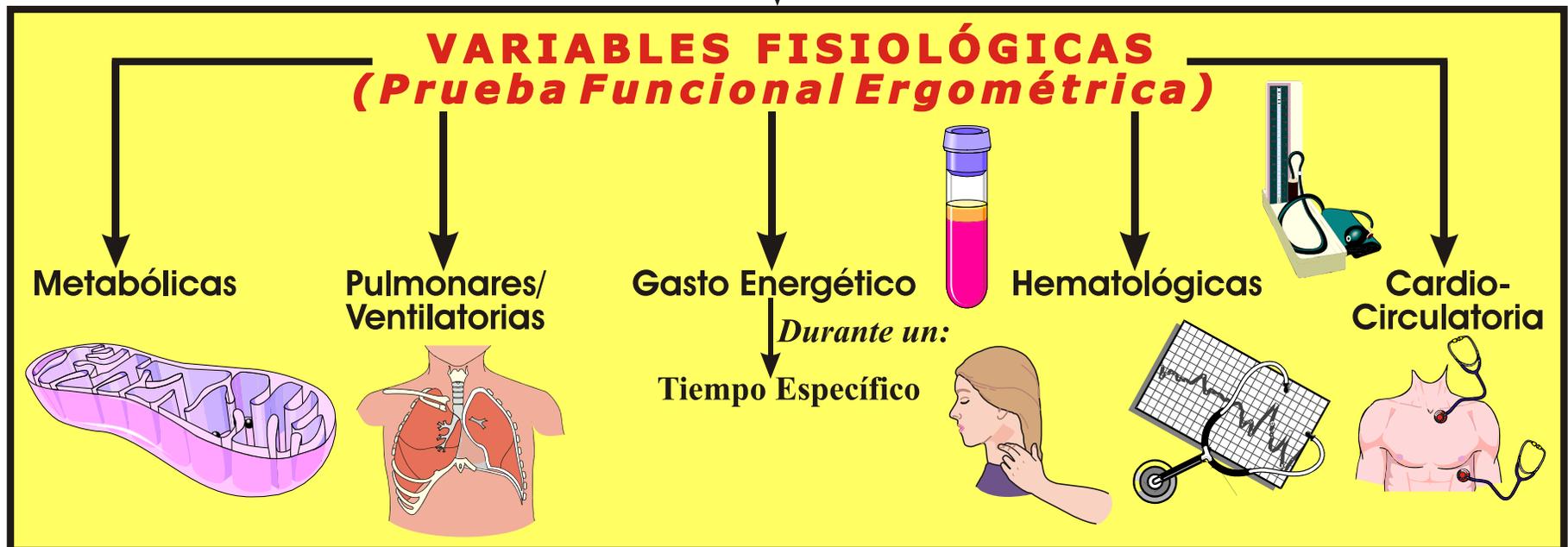
FÓRMULA:

$$P = \frac{T}{t}$$





Donde se evalúan:



ERGOMETRÍA

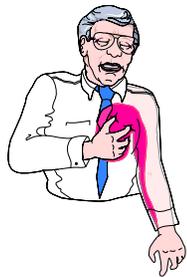
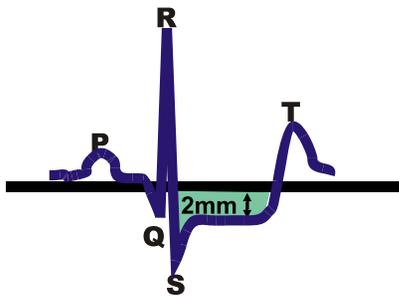
Prueba Funcional Ergométrica

Determinación de parámetros de

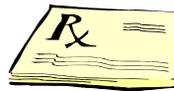
RENDIMIENTO
PULMONAR

INDICACIONES

Diagnóstico
(Confirmar Enfermedad)



Evaluativas
(Capacidad Funcional)



Objetivos

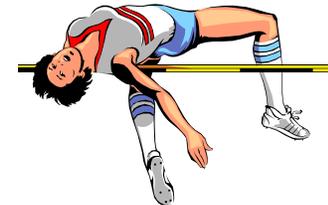
Prescripción
de
Ejercicio



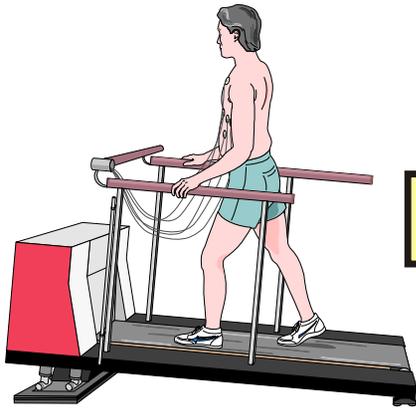
Diseño
Entrenamiento Físico
para Atletas



Evaluar la
Efectividad del
Entrenamiento
Deportivo



Investigativo
(Estudio Respuestas Funcionales/Fisiológicas)



ERGÓMETRO

Artefacto

Mide Respuestas Fisiológicas, particularmente:

Trabajo Mecánico
y
Potencia Ergométrica

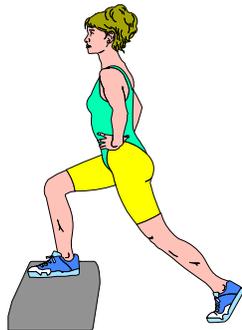
TIPOS

AMBIENTE AIRE

Cicloergómetro

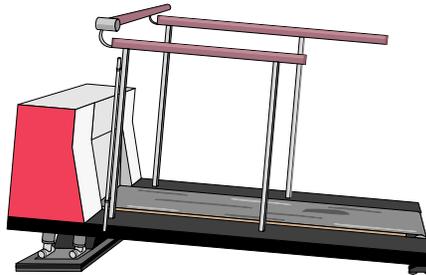


Escalón



Remo-
Ergómetro

Banda Sinfín



AMBIENTE AGUA

Ergómetro de Brida
(Natación Estática)



Canal de Natación

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA

(Medición de la Energía Metabólica Utilizada)
- (Mide la Tasa Metabólica/Gasto Energético, en kcal, Julios) -

DIRECTA

*(Medición de la
Producción de Calor)*
*(Medición Directa del Calor
Liberado por el Metabolismo)*

(Ejemplo)

Cámara Calorimétrica

INDIRECTA

**Espirometría en
Circuito Abierto)**
*(Medición del
Intercambio Respiratorio
de CO₂ y O₂)*

**Relación del
Intercambio Respiratorio (R)**

$$(R \equiv \dot{V}CO_2 / \dot{V}O_2)$$

*(También se
conoce como)*

**PROPORCIÓN DEL
INTERCAMBIO RESPIRATORIO
O
COCIENTE RESPIRATORIO (CR)**

**Isótopos
Marcadores**

Rastrear

**Ritmo de
Eliminación**
(Orina, Saliva, Sangre)

**Medición de
CO₂ Producido**

**Convertido en
Consumo Energético**

CALORIMETRÍA

Medición de:

TASA METABÓLICA
o
Consumo Energético

DURANTE UN ESTADO

Basal
(Reposo)

En:
cal J METS kj kcal

Ejercicio/
Actividad Física

VÍAS (MÉTODOS)

*Calorimetría Respiratoria
(Bomba Calorímetro)*

Espirometría en Circuito Abierto

Calorimetría: DIRECTA

Calorimetría: INDIRECTA

Medición Real del Consumo Energético:

Medición Indirecta Energía vía:

CALOR
Producido/Liberado

INTERCAMBIO RESPIRATORIO
($\dot{V}CO_2$ y $\dot{V}O_2$)

Medición:

Que resulta de la:

Procesos Metabólicos
(Respiración Celular)

Oxidación y Combustión
de
Sustancias Nutricias

Energía Total Liberada

Medida vía:

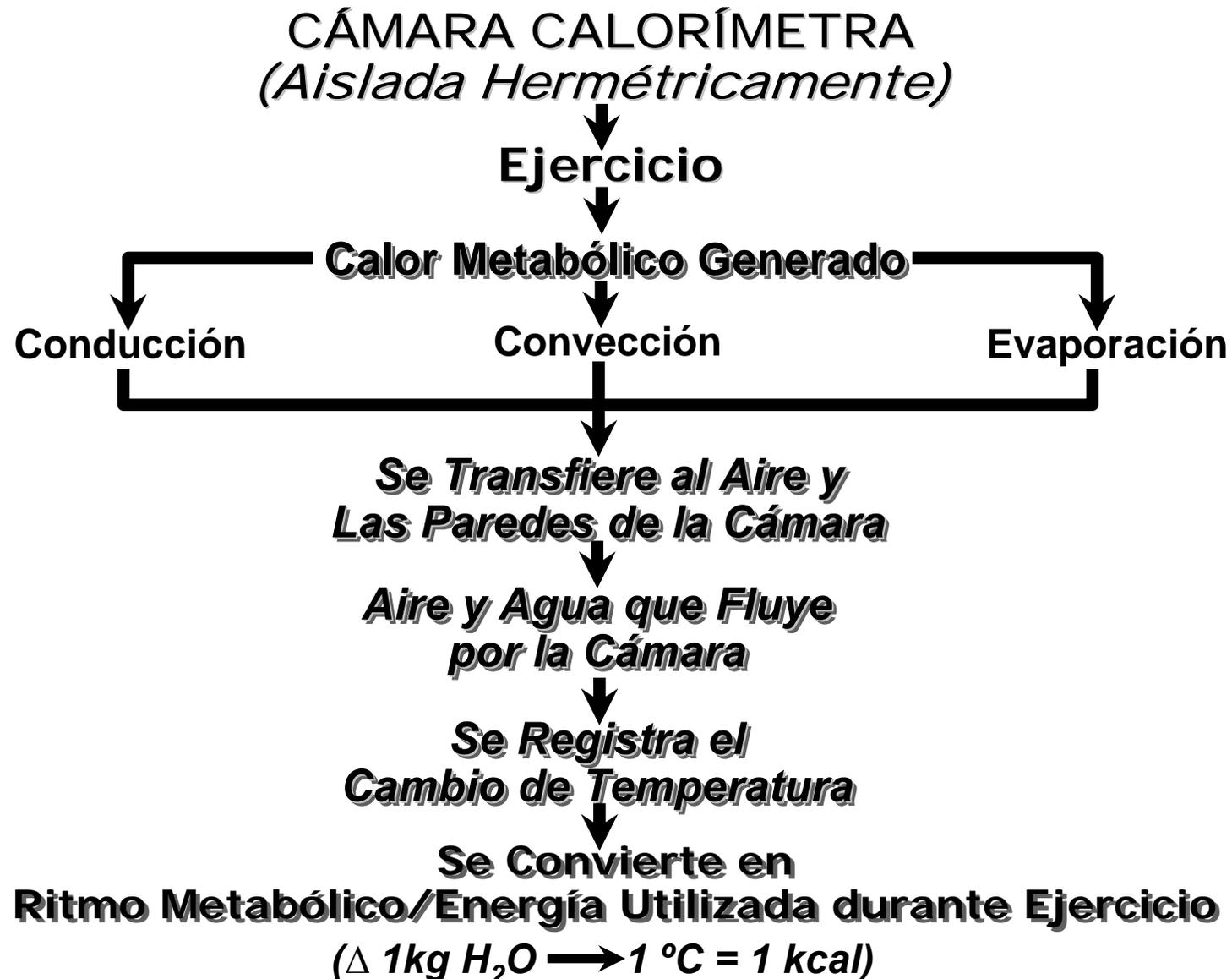
FUNDAMENTO:

1 Litro de $\dot{V}O_2 \approx 5$ kcal

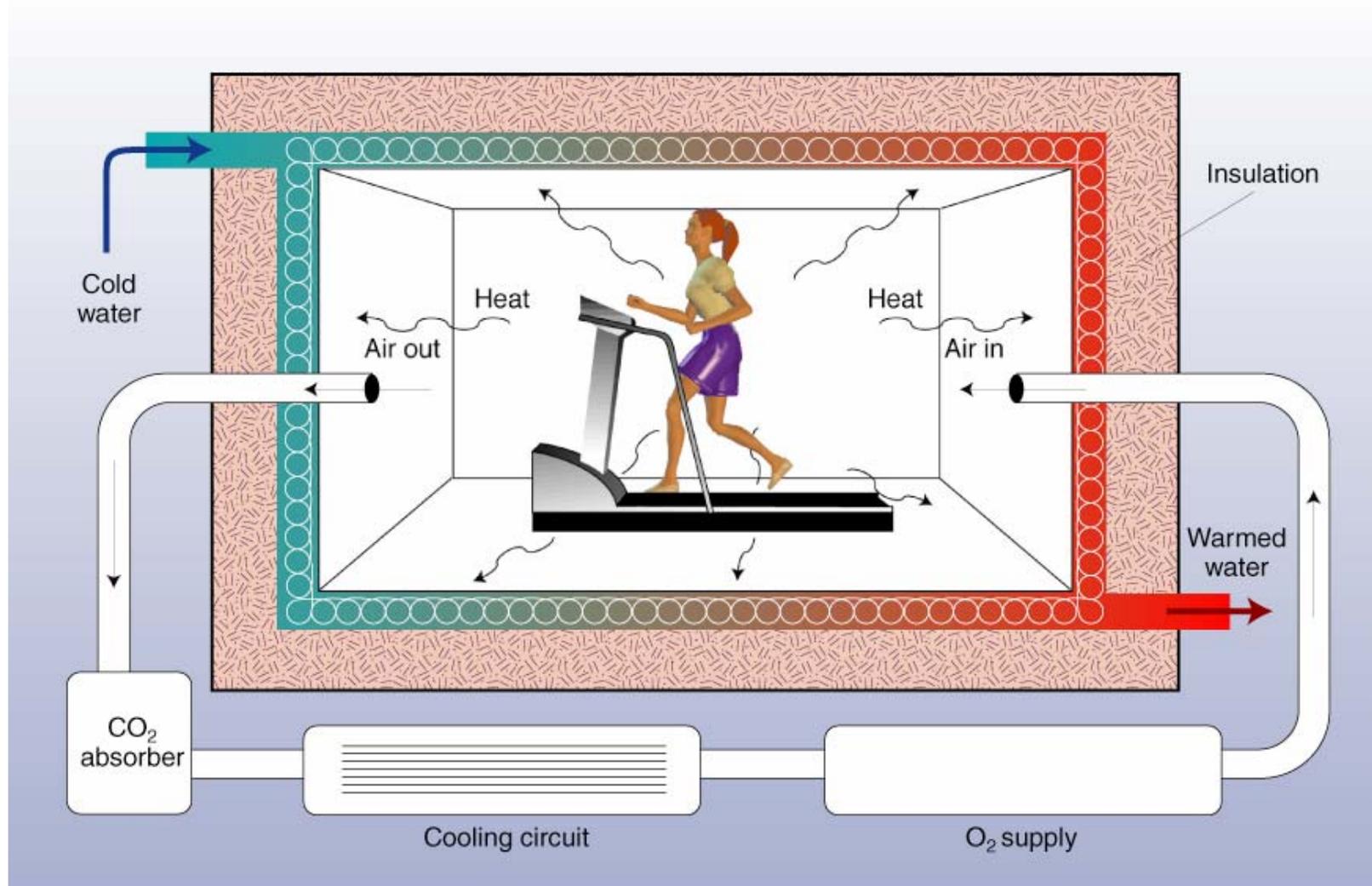
VÍA

Conducción Radiación Evaporación

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO



CÁMARA CALORIMÉTRICA



CALORIMETRÍA INDIRECTA

Espirometría en Circuito Abierto

Mide

$\dot{V}CO_2$ y $\dot{V}O_2$

Mediante

Volumenes
Aire

Inspirado ($\dot{V}E$) Espirado

y su análisis fraccionado de:

CO_2 y O_2

Estima/Mide:

$\dot{V}CO_2$ y $\dot{V}O_2$

Infiere:

GASTO ENERGÉTICO

Estimación (Equivalencia Calórica):

1 Litro de: $\dot{V}O_2, L \cdot \text{min}^{-1} \approx 5 \text{ kcal}$
(5 kcal/L $O_2 \approx 1 \text{ L } \dot{V}O_2$)

Proporción del Intercambio Respiratorio (CR)

Cociente Respiratorio (CR)

$$\left(\frac{\dot{V}CO_2}{\dot{V}O_2} \right)$$

EQUIVALENTE ENERGÉTICO

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA INDIRECTA



Equivalencia Energética/Calórica del

$\dot{V}O_2$

**Utilizado para la Oxidación de los
Sustratos (CHO y GRASAS)**



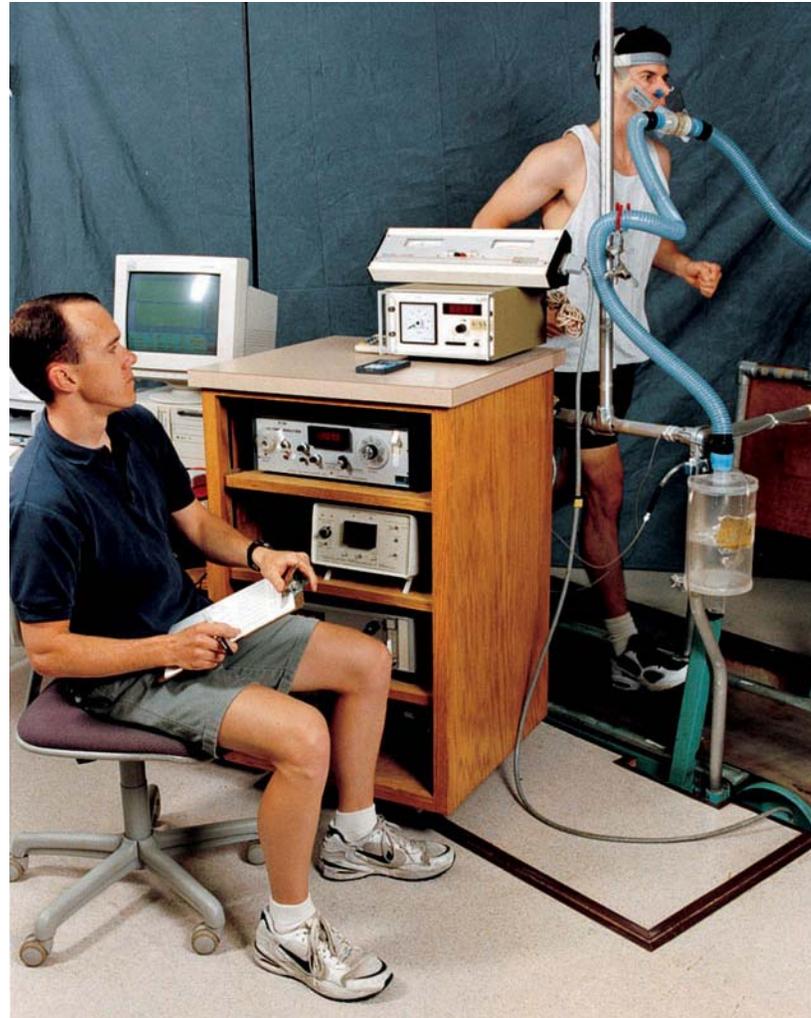
**1 Litro de O_2 Consumido por Minuto
($\dot{V}O_2$, L/min = 1.0)**

Equivale Aproximadamente a:



5 kcal/min

MEDICIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO DE GASES



MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO
CALORIMETRÍA INDIRECTA

RELACIÓN DE INTERCAMBIO RESPIRATORIO (R)

$\dot{V}CO_2$ Producido / $\dot{V}O_2$ Consumido

Determina

Tipo de Sustrato Oxidado

(En Fibras Musculares)

**NUTRIENTES
ESPECÍFICOS**

CHO

Grasas

Proteínas

ALCOHOL

AYUNO/INANICIÓN

MEZCLA/DIETA MIXTA

Combinación de

CHO

Grasas

Proteínas

**PROPORCIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO (R ó RER)
o
COCIENTE RESPIRATORIO (CR)**



Equivalentes Energéticos

R ó CR	CALORIMETRÍA INDIRECTA kcal: 1 Litro de Oxígeno		Contribución Relativa de los Sustratos Oxidados		
	Valor Calórico (Kcal/ L O ₂)		CHO (%)	Grasas (%)	Proteínas (%)
1.00	5.047	→	100	0	0
0.85	4.862	→	50	50	0
0.70	4.686	→	0	100	0
	4.485	→	0	0	100

- 4.863 → **Dieta Mixta**
- 4.86 → **Alcohol**
- 4.70 → **Inanición (Ayuno)**

Equivalencia Calórica de la Proporción del Intercambio Respiratorio (RER) y el % de kcal derivado de los Hidratos de Carbono y Grasas

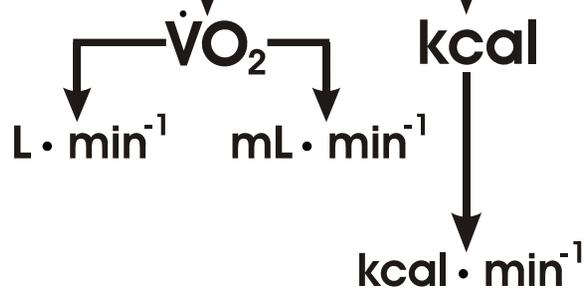
RER	Energía	% kcal	
	kcal/L O ₂	Hidratos de Carbono	Grasas
0.71	4.69	0.0	100.0
0.75	4.74	15.6	84.4
0.80	4.80	33.4	66.6
0.85	4.86	50.7	49.3
0.90	4.92	67.5	32.5
0.95	4.99	84.0	16.0
1.00	5.05	100.0	0.0

GASTO CALÓRICO

Formas de

Expresión

Medidas ABSOLUTAS



Medidas RELATIVAS



GASTO ENERGÉTICO

Expresión

CONSUMO DE OXÍGENO
($\dot{V}O_2$)

Unidades de Medida

Permite Comparar Individuos
con Diferentes Masas Corporales

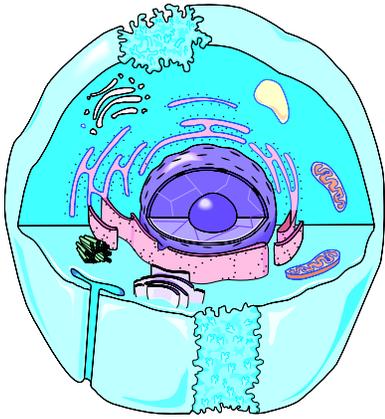
ABSOLUTA

$L \cdot \text{min}^{-1}$

RELATIVA

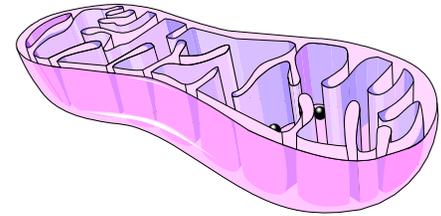
A la Masa Corporal

$\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$



**CONSUMO DE OXÍGENO
(VO₂)**

**Volumen de Oxígeno Utilizado
por
Mitocondrias
(Organelos dentro Células del Cuerpo)**



Durante Intervalos de:

1 Minuto

A Nivel del Mar:

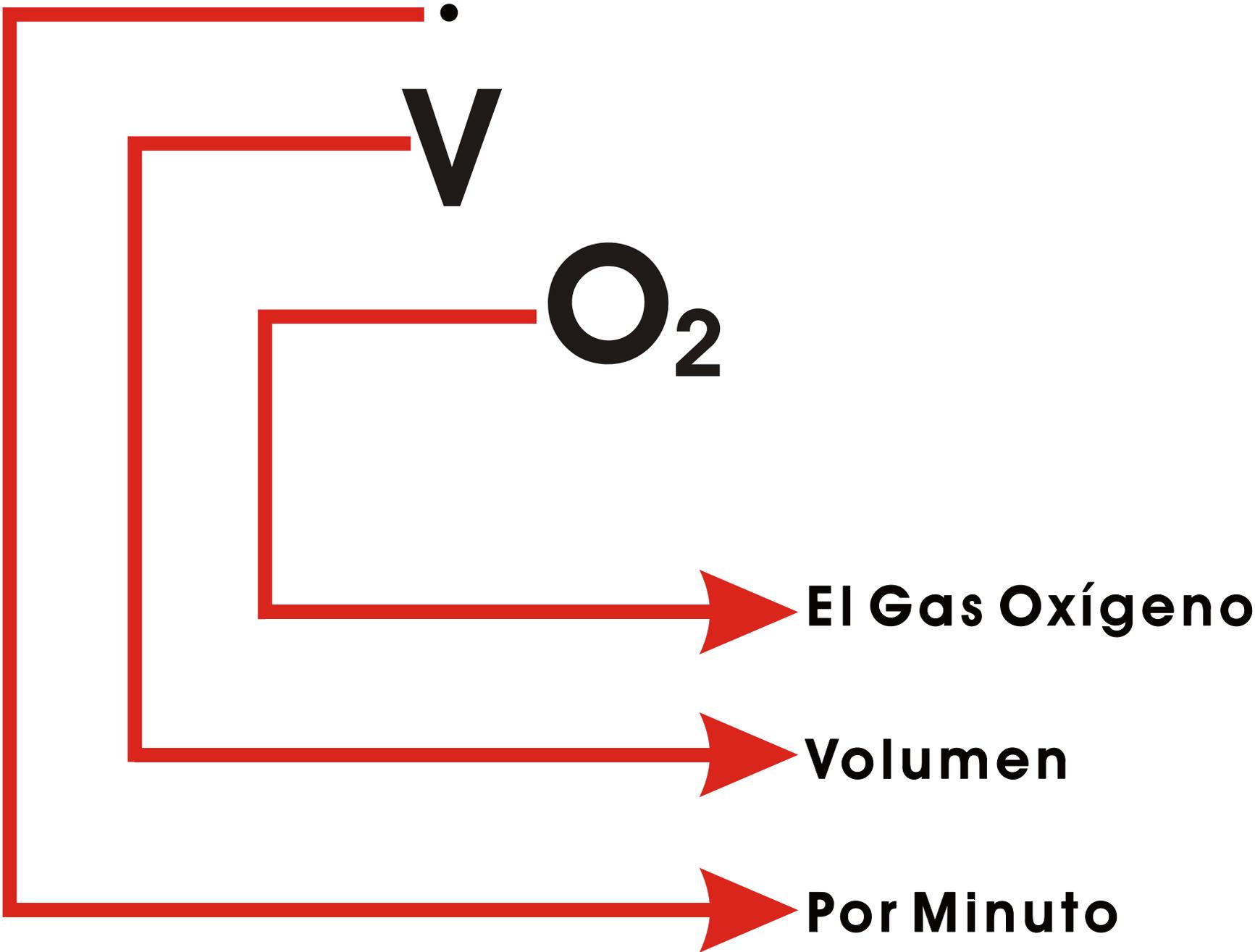


**CONDICIONES ESTANDARIZADAS
(STPD)**

**Temperatura (T)
(273°K ó 0°C)**

**Presión Barométrica (PB)
(70 mm Hg ó 1 ATA)**

**Humedad Relativa (HR)
(Seco, 0% HR,
Ausencia Vapor de Agua)**



CAPACIDAD MÁXIMA PARA EL EJERCICIO

CONSUMO ENERGÉTICO
(USO DE LA ENERGÍA)

Prueba de Esfuerzo/Ergométrica

↑ **Potencia Ergométrica (Intensidad)**
↑ **de forma Progresiva**

↑ **Metabolismo**

↑ **$\dot{V}O_2$**

*Sujeto se Detiene
Por Síntomas*

$\dot{V}O_2$ máx
Limitado a Síntomas

*Sujeto no Puede más
y no hay
Estabilización del $\dot{V}O_2$*

*Sujeto se Detiene
Por Síntomas*

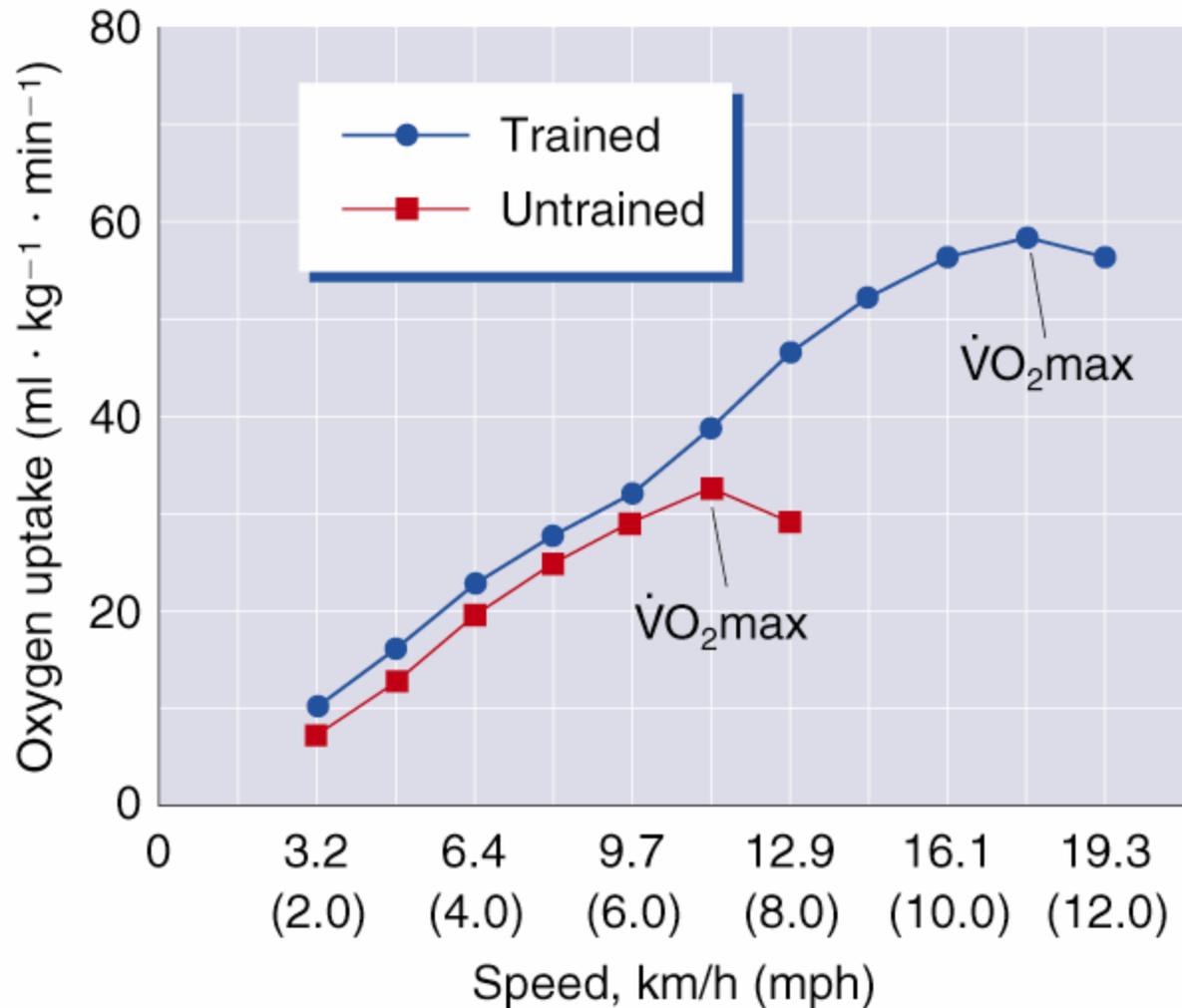
$\dot{V}O_2$ pico

$\dot{V}O_2$ se Estabiliza

$\dot{V}O_2$ máx
(Capacidad Aeróbica)

*Límite Máximo para
Incrementar el $\dot{V}O_2$*

INTENSIDAD DEL EJERCICIO Y EL CONSUMO DE OXÍGENO



CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

FORMAS DE EXPRESARSE (VALORES)

RELATIVO

En relación a la
Masa Corporal (MC):

Militilitros de
Oxígeno Consumido
por Kilogramos de la
Masa Corporal por Minuto
($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

ABSOLUTO

NO Considera la
Masa Corporal (MC):

Litros de
Oxígeno Consumido
por Minuto
($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$)

CONSUMO ENERGÉTICO: TASA METABÓLICA

CONSUMO ENERGÉTICO (USO DE ENERGÍA)

Reposo

Expresiones

Tasa Metabólica Basal (TMB)

Varía:

Promedio para
Actividades Cotidianas Normales

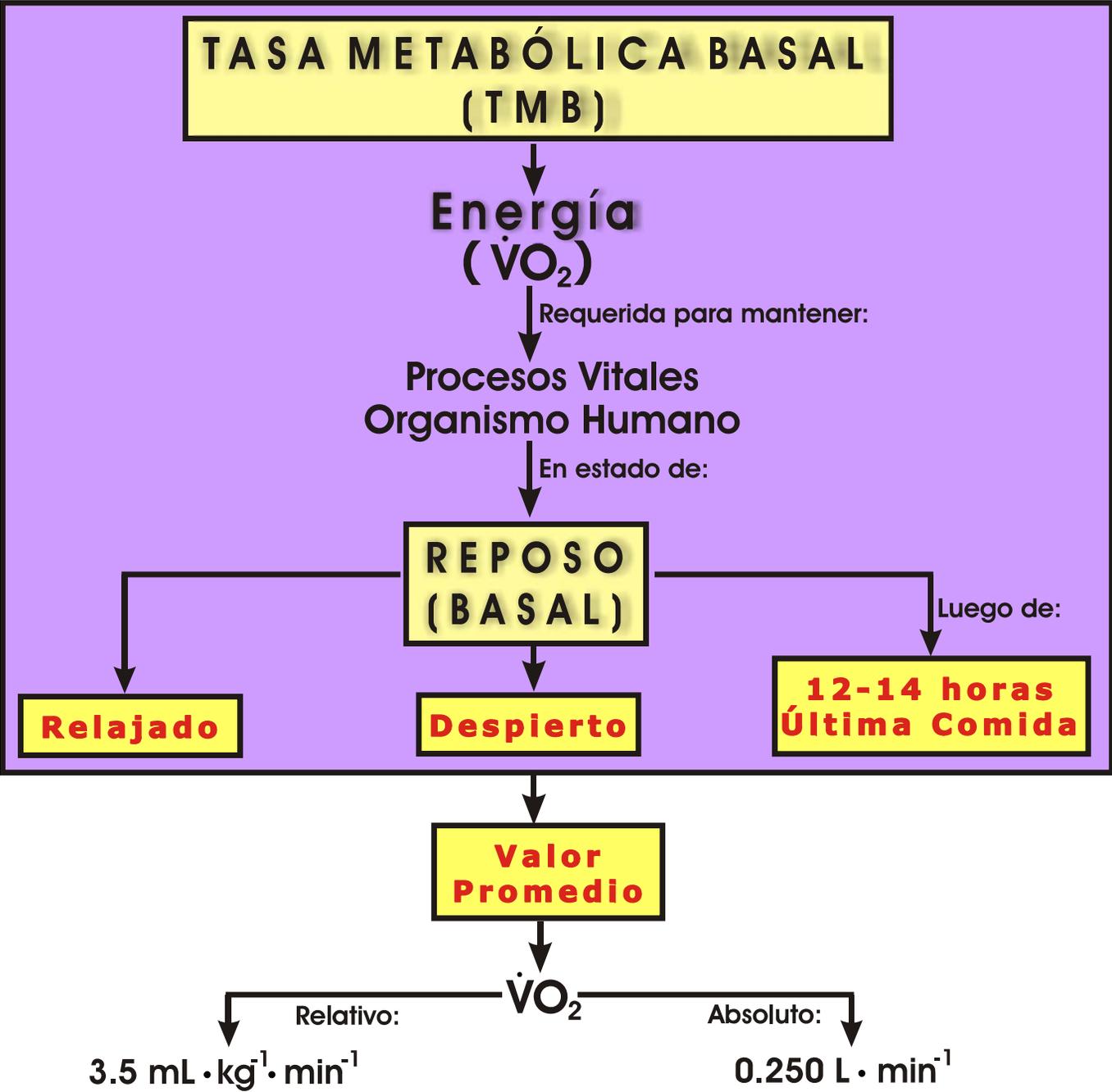
1,800 – 3,000 kcal

**Tasa Metabólica en Reposo
(TMR)**

(No Requiere que Duerma 8 horas)

Varía:

1,200 – 2,400 kcal/día



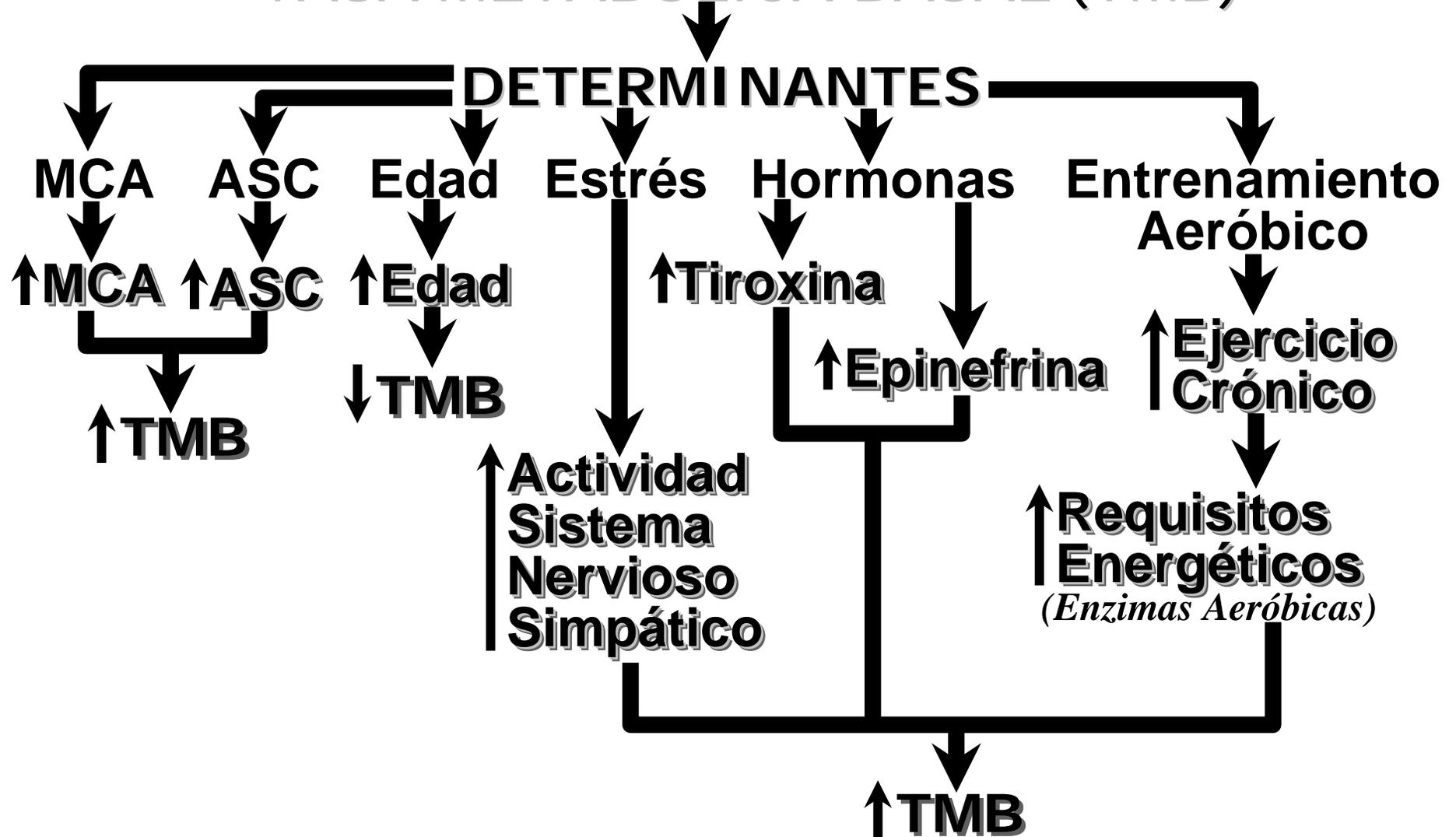
CONSUMO ENERGÉTICO: TASA METABÓLICA

TASA METABÓLICA BASAL (TMB)



FACTORES QUE AFECTAN LA TMB/TMR

TASA METABÓLICA BASAL (TMB)



COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

COSTE ENERGÉTICO

Determinantes

TMB:
**Energía Requerida
en Reposo**

**Energía Requerida
en las
Actividades Físicas
Diarias**

**Total del
Coste Energético**

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

**COSTE ENERGÉTICO
TOTAL DIARIO**

Determinantes

Nivel de
Actividad Física
y Ejercicio

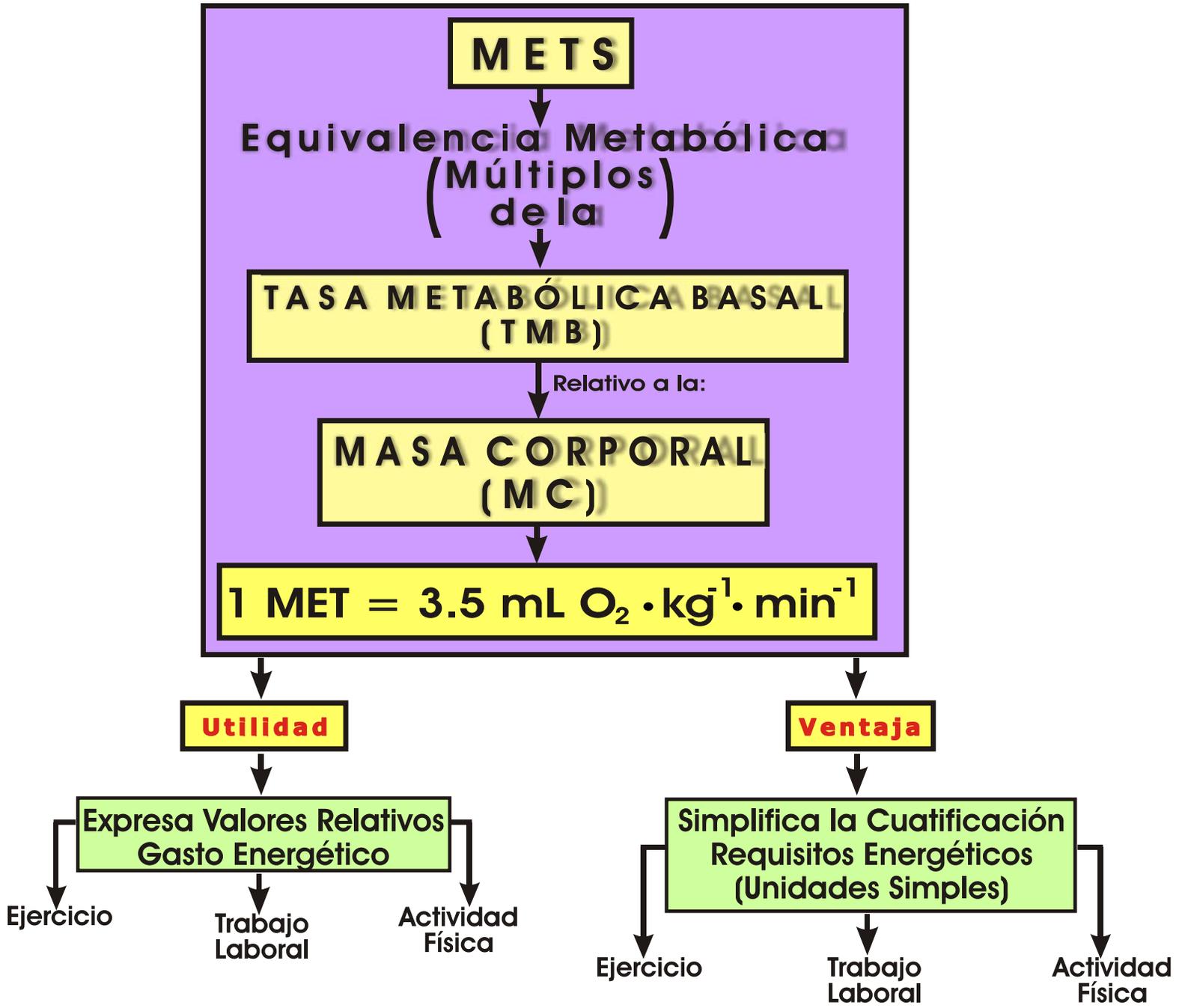
Edad

Género
(Sexo)

Tamaño
Corporal

Masa
Corporal

Composición
Corporal



METS

Equivalencia Metabólica
(Múltiplos de la)

**TASA METABÓLICA BASAL
(TMB)**

Relativo a la:

**MASA CORPORAL
(MC)**

1 MET = 3.5 mL O₂ · kg⁻¹ · min⁻¹

Utilidad

Expresa Valores Relativos
Gasto Energético

Ejercicio

Trabajo
Laboral

Actividad
Física

Ventaja

Simplifica la Cuatificación
Requisitos Energéticos
(Unidades Simples)

Ejercicio

Trabajo
Laboral

Actividad
Física

METS
(Equivalencia Metabólica)

Medida Energética Relativa a la Masa Corporal

Múltiplo
de la

TASA METABÓLICA BASAL (TMB)
($\dot{V}O_2$ en Reposo: $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

es igual a (1 MET)

3.5 mL de $O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
(Promedio de la TMB)